

I Introducción

Históricamente la ciencia de los alimentos ha avanzado, gracias a las investigaciones que se han realizado en el campo más importante que es la nutrición. Estas investigaciones son orientadas a ofrecer a los consumidores una amplia gama de productos alimenticios, que cubran con los requerimientos de nutrientes, promoviendo así un buen funcionamiento del organismo y evitando o reduciendo al máximo el riesgo de padecer enfermedades.

Las investigaciones más recientes e importantes en la industria de los alimentos han tomado a los productos fermentados como alimentos dotados de características benéficas que contribuyen no solo en la nutrición, sino también en el buen funcionamiento del organismo.

La fermentación además de aportar beneficios al organismo, es uno de los métodos más antiguos utilizado para la conservación de alimentos (Robinson, 1987). Adicionalmente le confiere mejores características como el aroma, la textura y una mayor digestibilidad.

La industria moderna de alimentos fermentados se ha desarrollado a partir de los procesos tradicionales de fermentación, pero el procedimiento en sí mismo ha continuado desarrollándose tecnológicamente.

El proceso fermentativo, en la mayor parte de los casos, permite la prolongación de la vida útil solo del alimento tal cual, sino de sus principios nutritivos, dando así origen a un producto cuyo estado físico se ha modificado para presentar características organolépticas propias y típicas (Casp y Abril, 1999).

El yogurt que se ha consumido durante siglos, es uno de los alimentos que es importante destacar, gracias a todos los beneficios que aporta a la salud, hoy día se ha ganado mucha popularidad, dando así un crecimiento y desarrollo de nuevos productos a base de éste en el mercado de los productos lácteos.

La producción en lacticinios trae como resultado de sus procesos “desechos” con muchas características buenas y deseables para la elaboración de otros productos, o como fuente de materia de un sin número de productos, el suero es el efluente más importante desechado por la industria láctea (Romo, 2001).

El suero que anteriormente solo se empleaba en la alimentación casi exclusiva de cerdos y otra parte se desechaba, era considerado como un material altamente contaminante (Amiot, 1991).

La soya es la leguminosa que más se consume en Asia, el pueblo chino es el primero en incorporarla en su alimentación. Esta planta ofrece características muy especiales que pueden ser aprovechables para diferentes usos importantes en beneficio de la humanidad (Saumell, 1975).

Esta semilla es aprovechada casi en su totalidad para la alimentación del ganado (90%) y el porcentaje restante se consume como alimentos preparados a base de esta semilla y se presenta como harinas de soya enteras y desgrasadas, concentrados y aislados proteicos (Desrosier, 1986).

Justificación

En muchos países en desarrollo incluido México, se utilizan las proteínas vegetales como fuente de alimentación humana, por su alto contenido proteico y su bajo costo, son una buena alternativa de alimentación.

El lactosuero considerado anteriormente como un producto de “desecho” constituye una fuente de nutrientes para la elaboración de un sin número de productos, ahí recae el interés por recuperar sus componentes para hacerlos aptos e incluirlos en la alimentación humana.

Conociendo y considerando el valor nutritivo que estas dos fuentes de alimentos nos ofrecen, se pretende elaborar una bebida fermentada, ofreciendo a la población un alimento diferente y cubrir las necesidades nutricionales y apoyando la economía de la población.

Objetivo general

Evaluar las características de fermentación láctica en leche de soya elaborada con lactosuero.

Objetivos específicos

1. Evaluar las características físico-químicas de la leche de soya elaborada con lactosuero.
2. Monitorear el proceso fermentativo en función a la producción de ácido láctico ($^{\circ}$ Dornic y pH).
3. Determinar la formulación para elaborar la bebida.
4. Evaluar las características físico-químicas del producto tipo yogurt.

II Revisión de literatura

2.1. Leche

2.1.1. Introducción

La leche se considera como uno de los productos alimenticios más antiguos y a la vez es uno de los alimentos más importantes.

La leche es la secreción de las glándulas mamarias de los mamíferos, que proporcionan nutrimentos y protección inmunológica a sus críos (Santos, 1995).

La leche se puede considerar como un alimento que cubre todas las necesidades nutritivas del ser humano. Contiene todos los nutrientes y todos los biocatalizadores necesarios para mantener y desarrollar los procesos vitales (hidratos de carbono, grasas, proteínas, sales minerales, vitaminas y enzimas).

2.1.2. Composición

La leche de la mayoría de las especies contiene más agua que otros componentes, y se constituye de una compleja dispersión acuosa que contiene, mayoritariamente, proteínas, lípidos, lactosa y minerales (Santos, 1995).

La leche se puede considerar un líquido blanco y opaco, aunque puede presentar también una tonalidad ligeramente amarillenta, sobre todo cuando las vacas se encuentran en los pastos. Debe tener un sabor característico, puro, fresco y ligeramente dulce, así como un olor igualmente característico y puro. Debe tener también una consistencia (coherencia entre sus partículas) homogénea y carecer de grumos (Spreer, 1991).

En el cuadro No. 1, se muestra la composición química media de la leche normal de vaca.

Cuadro No. 1
Composición química media de la leche normal de vaca

Extracto seco 12,5%	Agua	87.5%
	Grasa	3.5%
Extracto seco desgrasado 9,0%	Proteínas	3.5%
	Lactosa	4.7%
	Sales minerales	0.8%
	TOTAL	100%

(Spreer, 1979)

2.2. Yogurt

2.2.1. Antecedentes

El yogurt se ha consumido durante siglos. El sabor, variedad, conveniencia e imagen de este producto ha contribuido a su popularidad y por ende a su crecimiento en los mercados de todo el mundo. Desde el punto de vista nutritivo el yogurt es una buena fuente de proteínas de excelente calidad, de calcio y de fósforo. Se sabe que las bacterias productoras de ácido láctico regularizan la actividad intestinal e inhiben el desarrollo de poblaciones de bacterias patógenas (Hokes, 1992).

Los productos lácteos fermentados, leches fermentadas o productos de leche ácida son productos que se caracterizan por que obtienen su carácter ácido y su típica textura al experimentar una fermentación láctica unida a una producción de aroma (Spreer, 1991) dentro de estos productos, se destaca el yogurt.

2.2.2. Definición

La NMX-F-444-1983 lo define como sigue; Yogurt o leche Búlgara: producto lácteo preparado a partir de leche entera, parcial o totalmente descremada enriquecida en extractos secos por medio de la concentración de ésta o agregando leche en polvo, tratada térmicamente y coagulada biológicamente por la fermentación obtenida de la siembra en simbiosis de los fermentos lácteos *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* (Anónimo, 1).

El yogurt es un producto obtenido a partir de leche tipificada o desnatada, sembrada con un cultivo especial y concentrada por evaporación o por adición de leche en polvo (Spreer, 1979).

El yogurt industrial se hace con leche de vaca, en general muy descremada y a veces enriquecida en extracto seco por adición de leche en polvo, en una proporción de 2%, se somete a una intensa pasteurización a 85°C durante 30 a 60 minutos.

La siembra se realiza por adición del 2 al 5% de un fermento láctico que contenga en igual proporción *Lb. bulgaricus* o *Lb. helveticus* y *St. thermophilus*, y la mezcla se distribuye en los recipientes, que se lleven a la estufa a 45°C por 2 a 5 horas la leche se cuaja y los tarros se enfrían entonces rápidamente.

Según la temperatura de incubación puede obtenerse el predominio de una especie u otra; de esta forma es posible conseguir un producto más o menos ácido y más o menos aromático. La duración de la incubación tiene también influencia; los estreptococos se desarrollan más rápidamente que los lactobacilos, y éste desarrollo está favorecido por una temperatura no muy elevada (Alais, 1970).

2.2.3. Composición

La composición del yogurt está basada en la composición de la leche y en los sucesivos cambios de los constituyentes de la leche que ocurren durante la fermentación.

Los cambios químicos de los constituyentes de la leche durante la fermentación resultan con reducción de lactosa y formación considerable de ácido láctico, con incremento de péptidos libres, aminoácidos y ácidos grasos libres, y con considerables cambios de algunas vitaminas.

El valor calórico del yogurt es disminuido en 3-4%, debido a la transformación de lactosa en ácido láctico.

El yogurt o leche búlgara debe cumplir con las especificaciones físicas y químicas enlistadas en el cuadro No. 2 (Anónimo, 1).

Cuadro No. 2

Especificaciones físicas y químicas de yogurt o leche búlgara

Especificaciones	Subtipo(a) Leche entera		Subtipo (b) Leche parcialmente descremada		Subtipo (c) Leche descremada	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Grasa %	2.5	-	1.0	-	-	0.5
Sólidos no grasos de leche %	10.5	-	12.0	-	12.5	-
Acidez en ácido láctico %	0.8	1.8	0.8	1.8	0.8	1.8
Proteína %	3.2	-	3.4	-	3.6	-
Humedad %	-	87	-	87	-	87
pH menor de	4.5		4.5		4.5	

(Anónimo, 1)

2.2.4. Clasificación

Con base al contenido de grasa se pueden tener tres tipos de yogurt:

- a) Yogurt entero: con un contenido graso de 2.7%.
- b) Yogurt semidescremado: con un contenido graso mínimo del 1% hasta 2%.
- c) Yogurt descremado: con un contenido graso mínimo del 1%.

De acuerdo con la textura:

- a) Yogurt cuajado: yogurt que una vez frío tiene tal consistencia, que al invertir el recipiente no se vierte ni pierde su forma; y que al introducir una cuchara en la masa, se mantiene firme.
- b) Yogurt batido: la elaboración de este producto permite sobre todo simplificar o acortar la tecnología del yogurt. En oposición al yogurt “clásico”, este otro producto no es pastoso sino espeso o cremoso.

La tecnología difiere de lo “clásico” en que la incubación tiene lugar en un recipiente acondicionado, donde forma un gel del tamaño del recipiente, luego es llevado a cámara de refrigeración de más o menos 7°C por 12 horas como mínimo, para luego ser agitado constantemente del mismo modo que se hace en la preparación del cultivo. A continuación se envasa.

La composición química de los alimentos es el mejor indicativo de su nutritivo valor potencial. En el cuadro No. 3 se presentan los principales constituyentes de la leche y el yogurt natural. Si se aceptan estos valores como representativos resulta evidente que el yogurt puede suponer una importante contribución en cualquier dieta (Tamime y Robinson 1991).

Cuadro No. 3
Cifras típicas de concentración de algunos compuestos mayoritarios de la leche y yogurt

Compuesto (unidades/100 g)	Leche		Yogurt	
	Entera	Descremada	Entero	Descremado
Calorías (g)	67,5	36	72	64
Proteínas (g)	3,5	3,3	3,9	4,5
Grasa (g)	4,25	,13	3,4	1,6
Carbohidratos (g)	4,75	5,1	4,9	6,5
Calcio (mg)	119	121	145	150
Fósforo (mg)	94	95	114	118
Sodio (mg)	50	52	47	51
Potasio (mg)	152	145	186	192

(Tamime y Robinson, 1991)

2.3. Soya

2.3.1. Antecedentes

La soya (*Glycine max L.*) es una planta de tipo herbácea, su altura promedio se encuentra entre los 30 y 150 cm. Esta planta ofrece características muy especiales que pueden ser aprovechables para diferentes usos importantes en beneficio de la humanidad.

Esta planta es originaria de China, hace unos 5000 años, pero otros autores afirman que se conoce desde 2838 años a. c. considerándose uno de los cinco cultivos sagrados, junto con este yacían el maíz, arroz, mijo y cebada (Saumell, 1975).

Existen evidencias científicas sobre el uso del fríjol de soya desde hace 2000 años. El pueblo chino fué el primero en incorporarlo para su alimentación en diferentes productos, principalmente como el tofu y la leche de soya (Saint, 2001).

Posteriormente se expandió a Europa y en el siglo XIX hace su aparición en el continente Americano, son los inmigrantes asiáticos los que dan a conocer la soya en Estados Unidos. Posteriormente para el siglo XX, se establecen las primeras compañías asiático-americanas produciendo alimentos a base de soya.

Hacia el año 2000 e inicios del siglo XXI los productos de soya entran a las tiendas de autoservicio y su uso se generaliza en un número mayor de consumidores de diferentes nichos de mercado. Aparecen nuevos productos de excelente sabor y calidad.

2.3.2. Estructura y composición

El frijol de soya es una leguminosa cuya semilla esta compuesta de una cáscara, un hipocotilo y dos cotiledones, figura No. 1 y su composición en base seca se muestra en el cuadro No. 4

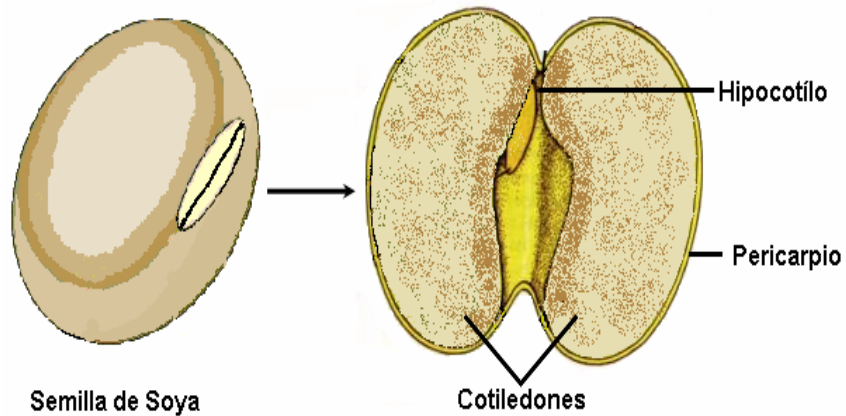


Figura No. 1 Componentes de la semilla de la soya

Cuadro No. 4

Composición en base seca de la soya

	Proteína %	Grasa %	Cenizas %	Carbohidratos %
Soya (100%)	40	21	5	34
Cáscara (8%)	9	1	4	86
Hipocotilo (2%)	41	11	5	43
Cotiledones (90%)	43	23	5	29

(Wolf, 1977).

Basados en su contenido proteico, la soya bien puede clasificarse como una “semilla proteínica” en lugar de una “semilla oleaginosa” (Wolf, 1977).

2.3.2.1. Proteínas

A diferencia de los cereales (maíz, trigo, etc.) que son abundantes en glutelinas y prolaminas, las proteínas de la soya y otras oleaginosas son una mezcla heterogénea de globulinas (60-70% del total) y de albúminas con pesos moleculares muy variados, solubles en soluciones salinas y en agua; precipitan en su punto isoeléctrico, generalmente en el intervalo de 4.2 a 4.8; su aminograma difiere del de los cereales en que las cantidades de metionina, ácido glutámico, arginina, leucina, isoleucina y valina son menores pero en cambio es más rico en lisina (Badui, 1999).

En general, la proteína de la soya presenta una deficiencia de aminoácidos azufrados que se acentúa más en los aislados proteínicos, ya que la concentración de metionina y cistina se reduce durante el proceso de manufactura de estos productos; el porcentaje de lisina es elevado lo que hace que la soya sea muy adecuada para complementar las proteínas de los cereales; su patrón de aminoácidos es; en ciertos aspectos, comparable al de la FAO (Badui, 1999).

2.3.3. Propiedades funcionales y nutritivas

Los derivados de la soya (harinas, concentrados y aislados) tienen una composición definida, por lo que actúan de distinta manera en relación a su funcionalidad como emulsionante, hidratante, gelificante, espumante, etc.; el contenido proteínico es particularmente importante para desarrollar ciertas características, aunque también pueden influir otros constituyentes (Badui, 1999).

En un principio, las investigaciones sobre la soya se centraron exclusivamente en la calidad de las proteínas. Pero desde hace varias décadas, los nutriólogos saben que, además de su contenido nutritivo, el reemplazo de proteínas animales por proteínas de soya reduce colesterol sérico en individuos con niveles altos de colesterol. Asimismo numerosos

Informes demuestran que, en comparación con las proteínas animales, la proteína de soya puede mejorar el balance de calcio, un efecto de importancia potencial dada la gran incidencia de osteoporosis (Messina, 1992).

Otros compuestos no proteicos de la soya también son benéficos. Por ejemplo, la fibra de soya disminuye el colesterol sérico y ayuda a mantener los niveles normales de glucosa en la sangre. La soya es una rica fuente de saponinas y fitoesteroles, sustancias que reducen el colesterol sérico al inhibir la absorción de colesterol (Messina, 1992).

La soya también presenta un alto contenido de calcio, zinc, fósforo, magnesio y del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina y folacina). Pero han surgido algunas dudas acerca de la biodisponibilidad de estos minerales, por lo que se necesitan más investigaciones en esta área (Messina, 1992).

2.3.4. Factores antifisiológicos

Son muchos los factores los que hacen que la soya sea considerada apta para la alimentación humana. Sin embargo los problemas han sido salvados gradualmente gracias a las investigaciones, dentro de los factores principales a considerar encontramos a los siguientes:

2.3.4.1. Sabor

El más importante de los problemas ha sido el sabor pastoso y amargo del frijol crudo. Estos sabores pueden reducirse en alto grado por la cocción controlada o por medio de varios procesos de extracción.

2.3.4.2. Nutrición

Como muchas otras leguminosas, la soya contiene inhibidores de tripsina, que inhiben el crecimiento de ratas, pollos, cerdos y terneros y que causan hipertrofia del páncreas en las primeras dos especies. Por fortuna estos constituyentes antinutricionales pueden ser fácilmente inactivados por medio de vapor. Aunque sus efectos en el hombre no han sido determinados, como una medida de seguridad se recomienda el calentamiento adecuado de productos de soya, ya sea antes de su incorporación al alimento, o bien durante el procesamiento del alimento al cual se le adiciona soya.

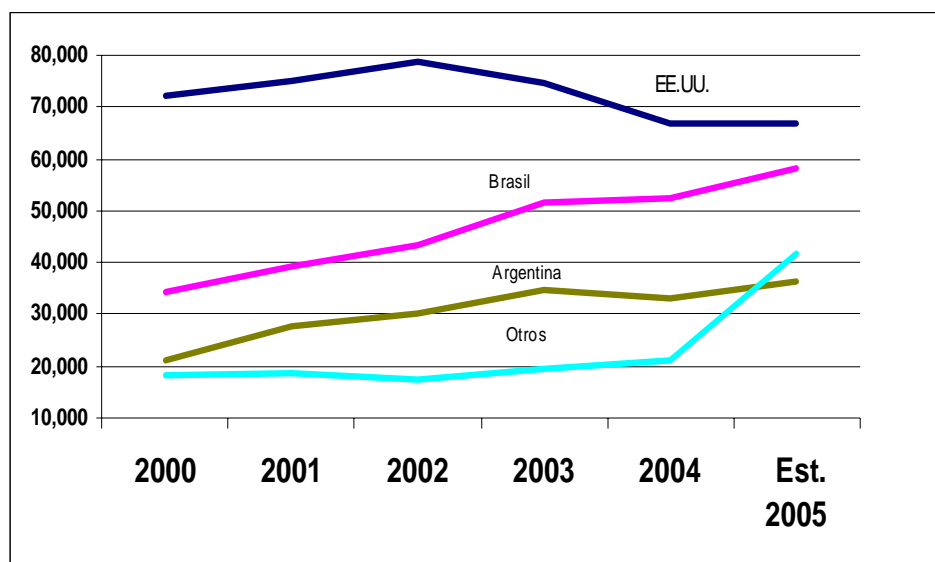
2.3.4.3. Flatulencias

Se cree que este problema es causado por la rafinosa y la estaquiosa. Puesto que la mucosa intestinal del hombre no posee actividad de la enzima alfa/galactosidasa, estos azúcares no se hidrolizan y por lo tanto no pueden ser absorbidos. Por ello, estos azúcares pasan directamente a la parte baja del tracto intestinal, donde presumiblemente son atacados por bacterias anaeróbicas que los metabolizan, dando como resultado dos de los gases principales en la flatulencia, bióxido de carbono e hidrógeno. La flatulencia es un problema potencial solamente con soya integral, harina de soya y extractos tales como la leche de soya.

2.3.5. Producción mundial

Alrededor de 90% del frijol soya se produce en cuatro países: EE. UU., Brasil, Argentina y China, sin embargo sólo los tres primeros tienen excedentes del producto ya que, a pesar de su elevada producción China es uno de los principales importadores a nivel mundial, figura No. 2.

En el ciclo 2003/04, la producción mundial total de frijol soya registró una caída del 4.2% respecto al ciclo homólogo anterior de 2002/03, dicho resultado fue consecuencia, principalmente, de la baja observada en EE. UU., cuya cosecha disminuyó 11%. Estimaciones recientes indican una recuperación de la producción mundial para el ciclo 2004/05 (Anónimo, 2).



(Anónimo, 2)

Figura No. 2 Producción mundial de frijol de soya

En México, la producción de frijol soya es reducida respecto a la demanda nacional, lo que ha tenido como resultado que se importen volúmenes elevados (alrededor de los 4.0 millones de toneladas en promedio en los años recientes). En 2004 la importación de esa oleaginosa disminuyó 15% respecto al 2003 (Anónimo, 2).

2.3.6. Formas comerciales

A partir de esta oleaginosa se han elaborado diversos productos comerciales clasificados de acuerdo con su contenido de proteínas; las que contienen menos son las harinas (desgrasadas o enteras); le siguen los concentrados y finalmente, los aislados. Para fabricarlos es preciso romper el arreglo interno ordenado de las células del cotiledón para

separar los diferentes constituyentes adecuadamente; cada uno de estos derivados tiene ciertas características y propiedades funcionales que pueden aprovecharse en la producción de otros alimentos más complejos y elaborados (Badui, 1999).

Por citar algunos de estos alimentos con cierto grado mayor de procesamiento o complejidad se encuentran los siguientes:

- ✳ Bebidas a base de leche de soya
- ✳ Yogurt
- ✳ Análogos de queso
- ✳ Helados a base de soya
- ✳ Postres congelados

El futuro en el mercado de estos productos es creciente, ya que día a día el consumidor busca más, nuevas y mejores alternativas para complementar su dieta. En la medida que los productos de soya cumplan con sus expectativas de calidad, estos se mantendrán compitiendo en el mercado.

2.4. Leche de soya

2.4.1. Antecedentes

Las evidencias arqueológicas (un mural chino en una losa de piedra) demuestran que la leche de soya y el tofu se producían en el norte de China durante el periodo Eastern / Later Hans (años 25-220 A.C.). La primera evidencia escrita sobre la leche de soya data de 1500 A.C., en un poema de Su Pin.

En Europa, los primeros indicios de la presencia de leche de soya datan de 1665 y corresponden a Domingo Fernández de Navarrete, misionero dominicano que vivió en China. En 1790, la leche de soya también fue mencionada por Juan de Loureiro, misionero jesuita de Portugal que vivió en lo que se conoce actualmente como Vietnam.

Cada una de estas referencias así como otras mencionan a la leche de soya en el procesamiento del tofu. El consumo de leche de soya como bebida es discutido por primera vez en 1866 cuando el francés Paul Champion, quien había viajado a China, afirmó que los chinos llevaban sus tazas a las tiendas de tofu para obtener leche caliente, la cual bebían en el desayuno.

La primera referencia de leche de soya en los Estados Unidos aparece en 1896, en un artículo del American Journal of Pharmacy cuyo autor es Henry Trimble. En 1909, un pediatra norteamericano desarrolló la primer fórmula infantil basada en leche de soya proveniente de harina con contenido total de grasa (Anónimo, 3).

2.4.2. Definición

Leche de soya; alimento líquido obtenido como resultado de la combinación de: (1) extracción acuosa de sólidos y agua del fríjol de soya enteros; u (2) otros sólidos de calidad comestible de proteína de soya, aceite de soya y agua; obteniendo los niveles básicos de composición recomendados en el cuadro No. 5.

El calor se aplica a la leche de soya para inactivar posibles factores antinutricionales, como inhibidores de tripsina, y para garantizar la seguridad por la pasteurización adecuada.

A la leche de soya se le pueden adicionar aceites vegetales, edulcorantes, sal, sazónadores y otros ingredientes funcionales y saborizantes. El producto resultante debe contener proteína de soya y grasa de acuerdo con los criterios estipulados a la categoría específica a la que corresponda este producto, ver cuadro No. 5 (Anónimo, 3).

2.4.3. Clasificación y composición

De acuerdo a su composición (concentración de nutrimentos del frijol de soya y sólidos totales de soya), los productos de la leche de soya son clasificados de la siguiente manera:

- a) Leche de soya: la debe contener 3.0% de proteína de soya, no menos de 1.0% de grasa proveniente de soya y no menos de 7.0% de sólidos totales.
- b) Bebida de soya: la no califica como leche de soya y contiene 1.5% de proteína de soya, 0.5% de grasa de soya y no debe contener menos de 3.9 de sólidos totales.
- c) Leche de soya en polvo: es el producto obtenido por la extracción de agua de la leche de soya líquida, o por la mezcla del polvo de proteína de soya de calidad comestible y aceite. Debe contener como mínimo 38.0% de proteína, 13.0% de lípidos y 90 % de sólidos totales.
- d) Concentrado de leche de soya: es el producto obtenido por la modificación del contenido de agua de la leche de soya y el cual debe tener el contenido mínimo de 6.0% de proteína de soya, no menos de 2.0% de grasa y no debe ser menor a 14.0% de sólidos totales, cuadro No. 5.

Cuadro No. 5
Composición de la leche de soya

Clasificación	Proteína de soya	Aceite de soya (Grasa)	Mínimo de ST
Leche de soya	>3.0	>1.0	>7.0
Bebida de soya	1.5-2.9	>0.5	>3.9
Leche de soya en polvo	>38.0	>13.0	>90.0
Concentrado de leche soya	>6.0	>2.0	>14.0

(Anónimo, 3)

ST (Sólidos Totales)

2.5. Lactosuero

2.5.1. Antecedentes

La elaboración de quesos se ha realizado durante siglos, y consecuente con esta práctica se obtienen grandes cantidades de un subproducto denominado lactosuero.

El lactosuero es el líquido claro de color amarillento que se separa de la cuajada durante la fabricación del queso (Amito, 1991).

Hace algún tiempo este producto en su forma natural era empleado en las granjas para la alimentación del ganado, casi exclusivo de porcinos, otra importante cantidad era desechada en las alcantarillas creando así una importante fuente de contaminación (Amiot, 1991) esto por la fuerte demanda biológica de oxígeno (DBO) que presenta.

El lactosuero, es un material fuertemente contaminante con una DBO, de 30,000 a 50,000 mg/lto., esto implica una contaminación de 1,000 lts. de suero del queso es equivalente a la que producirían 400 persona (Sánchez, 2002).

La DBO de un litro de suero oscila entre 30 y 45 g./lto. y por tanto necesita el O₂ de 4500 litros. de agua no contaminada (Luquet, 1993).

En México la producción de queso para el año 2005 fue de 136 mil toneladas, cuadro No. 6 considerando esta producción y conociendo el rendimiento aproximado del queso, se presupone que los litros de suero que resultaron de esta practica fueron 1,224,000 lts. si esta cantidad no se procesa en su totalidad representan un cantidad significativa de suero que se desecharía provocando así una fuerte contaminación.

Cuadro No. 6
Producción de queso en países seleccionados
(Miles de Toneladas)

PAIS	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 _{p/}	2006 _{e/}
Australia	320	373	374	413	368	389	376	395
Brasil	434	445	460	470	460	470	480	495
Canadá	329	328	329	350	342	305	307	308
Estados Unidos	3,581	3,746	3,747	3,877	3,881	4,026	4,145	4,275
Japón	35	34	34	36	35	35	37	38
México	126	134	140	145	126	134	136	138
Nueva Zelanda	245	297	281	312	301	308	300	295
Otros	990	999	1,050	1,017	990	1,099	1,181	1,229
Rusia	185	220	260	340	335	350	355	360
Unión Europea*/	5,290	5,861	5,865	5,993	6,100	6,430	6,515	6,580
Total	10,781	11,619	12,540	12,953	12,938	13,546	13,832	14,113

p/Datos preliminares

e/Pronóstico

*/Incluye la información de los 25 países miembros de la UE

(Anónimo, 4)

2.5.2. Características

El lactosuero es un líquido transparente y de color amarillo verdoso y tiene un sabor ligeramente ácido, bastante agradable.

Representa alrededor del 90% del peso de la leche utilizada para elaboración del queso. Contiene el 6 y 6,4% del extracto seco, es decir la mitad de la materia seca de la leche (Amiot, 1991).

Según el procedimiento empleado para separar la caseína, por acción del cuajo o de los ácidos, se distingue el suero dulce (suero por coagulación) y el suero ácido (suero por acidificación).

La fórmula de obtener la caseína condiciona también la composición del suero (Spreer, 1979).

En el cuadro No. 7 se muestra la composición del suero fresco obtenido por coagulación y por acidificación.

Cuadro No. 7
Composición de suero por coagulación y suero por acidificación

	Suero por coagulación	Suero por acidificación
Agua	93-94%	94-95%
Extracto seco	6-7%	5-6%
Lactosa	4,5-5%	3,8-4,2%
Ac. Láctico	Vestigios	Hasta el 8%
Proteínas	0,8-1%	0,8-1%
Ac. Cítrico	0,1%	0,1%
Cenizas	0,5-0,7%	0,7-0,8
pH	6,45	Alrededor de 5

(Spreer, 1979)

2.5.3. Contenido nutrimental

El lactosuero contiene casi toda la lactosa presente en la leche y el 20% del total de las proteínas (Sánchez, 2002).

2.5.3.1. Lactosa

La lactosa es el carbohidrato principal de la leche, esta constituido por una molécula de galactosa y una de glucosa, unida por enlace glucosídico β 1-4 figura No. 3, se le encuentra en una concentración de 4.7% a 5.2% en leche de vaca, 6.5% en leche humana y alrededor de 4.5% en leches de cabra y oveja.

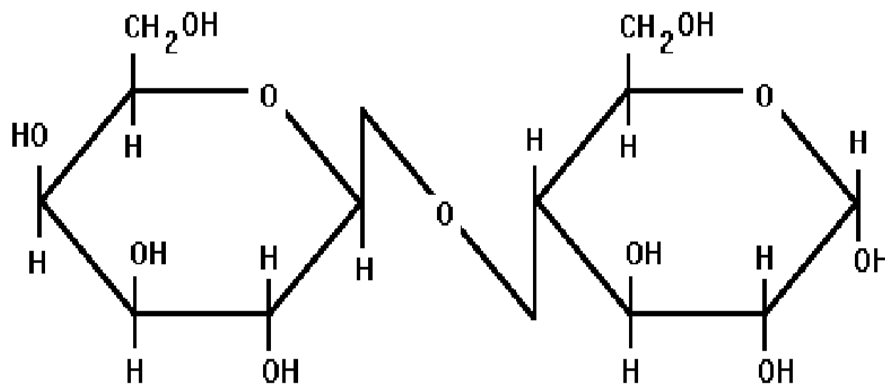


Figura No. 3 Representación esquemática de la lactosa

2.5.4. Proteínas del lactosuero

Con este nombre son denominadas aquellas proteínas que permanecen en el suero de leche, después que precipita la caseína por la acidez (pH 4.6 a 20°C). Estas proteínas no se encuentran asociadas, sino que están disueltas y tienen estructura secundaria y terciaria que son sensibles a la desnaturalización por calor. También se distinguen las proteínas del lactosuero por su solubilidad en soluciones salinas a diferentes pH. Las principales proteínas que pertenecen a este grupo son: la β -lactoglobulina y la α -lactoalbúmina, que son sintetizadas en la glándula mamaria y la seroalbúmina e inmunoglobulina, que son provenientes de la sangre.

2.5.4.1. β - Lactoglobulina

Es la principal proteína del lactosuero de leche de bovino, esta por arriba del 50% de las proteínas que no son caseínas. En leches de vaca, cabra y oveja, las β -lactoglobulinas son homologas, pero está ausente en leche de mujer.

2.5.4.2. α -Lactoalbúmina

Es la segunda proteína de mayor concentración del lactosuero en alrededor de 25%, en leche de vaca y en leche de humana es la más abundante de las mismas proteínas. Se encuentra en leche de todas las especies de mamíferos, en las que la lactosa es la principal azúcar. Debido a que la α -lactoalbúmina es la proteína B de la lactosasintetasa, que produce la lactosa.

2.5.4.3. Seroalbúmina

El 1% de las proteínas de leche de vaca es la seroalbúmina y el 6% de las proteínas del lactosuero. El calostro la contiene en mayor cantidad que la leche. Similarmente la mastitis produce un marcado incremento de seroalbúmina en la leche.

2.5.4.4. Inmunoglobulina

La inmunoglobulina es una glicoproteína de alto peso molecular siendo muy heterogénea, por lo que su estudio es complicado; además tiene función de anticuerpo (Santos, 1995).

2.5.5. Usos y aplicaciones

El lactosuero es considerado hoy día como la materia prima para una gama de ingredientes alimenticios (Romo, 1998).

Dado a su naturaleza nutritiva es sometido a diferentes tratamientos y transformaciones obteniendo así una gama de productos de alta calidad para la industria alimentaría.

Los productos que tradicionalmente se han obtenido a partir del suero han sido:

1. Suero en polvo, a base de concentrar los sólidos por evaporación y secado.
2. Suero en polvo desmineralizado, donde se elimina previamente las sales minerales por intercambio iónico o por electrodiálisis.
3. Lactosa obtenida por concentración, cristalización y separación.
4. Concentrados proteicos obtenidos por ultrafiltración del suero.

En la actualidad se están haciendo otros aprovechamientos tales como la producción de alcohol, vitamina B₁₂ (el suero es muy rico en esta vitamina), jarabes de glucosa y galactosa, lactosil, urea, amoniaco, lactatos, etc. (Madrid, 1994).

2.6. Fermentación láctica

2.6.1. Antecedentes

El uso de microorganismos transformadores es una práctica muy antigua que se realiza con el objeto de ofrecer a los consumidores una amplia gama de productos con excelentes características nutricionales y organolépticas.

La fermentación de la leche para la elaboración de diversos productos es un ejemplo claro del uso de los microorganismos; gracias a esta práctica hoy se encuentra una amplia variedad de leches fermentadas, probablemente algunos cientos, en las que intervienen un gran número de especies de bacterias lácticas y algunas levaduras

(García, et. at. 1993). La producción del sabor, aroma y textura de dichos productos se debe a la fermentación láctica.

La fermentación láctica es un proceso celular donde se emplea la glucosa como sustrato, y en condiciones de anaerobiosis el producto final es el ácido láctico (García, et. at. 1993).

Este proceso es realizado por muchas bacterias denominadas bacterias lácticas de éstas destaca *L. delbrueckii ss. bulgaricus* y *S. salivarius ss. thermophilus*.

El primero es un bacilo homofermentativo, gram. (+), largo, no móvil, el cual produce ácido D(-) láctico. Es capaz de fermentar fructosa, galactosa, glucosa y lactosa, pero no así maltosa y sacarosa. Puede crecer a temperaturas superiores a 45°C, pero normalmente tienen su óptimo entre 40°C y 43°C; no es capaz de crecer a temperaturas menores de 15°C tiene habilidad para crecer a pH inferiores a 5.0, y presenta metabolismo fermentativo aun en presencia de aire.

S. salivarius ss. thermophilus es una bacteria gram. (+), esférica, la cual se observa en paredes o en cadenas; es homofermentativo y produce ácido L(+) láctico a partir de glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa. Tiene una temperatura óptima de crecimiento de 40°C a 45°C, aunque puede crecer hasta 50°C, pero no a menos de 20°C se ha reportado para ambas bacterias que su temperatura óptima de crecimiento es inferior de 2°C a 8°C a la temperatura óptima para la producción de ácido láctico en leche. (García, et. at. 1993).

2.6.2. División de la fermentación láctica

La fermentación láctica se divide en dos tipos, y son:

2.6.2.1. Fermentación homoláctica (aplicada en la industria láctea): Únicamente se produce lactato, más del 90%, es característica de muchas de las bacterias lácticas, como *Lactobacillus casei*, *Streptococcus cremoris* y los *estreptococos* patógenos.

Son de gran importancia en la industria lechera, produciéndose yogurt (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), mantequilla, queso y otros. Producen dos moléculas de ácido láctico por una de glucosa.

Los alimentos elaborados con estas bacterias lácticas dan el aroma, el sabor y la textura característica de los productos fermentados.

2.6.2.2. Fermentación heteroláctica (aplicada en productos vegetales): se produce menos cantidad de ácido láctico (50), con incremento de etanol (30) y CO₂ (17). Estas fermentaciones son llevadas a cabo por otras bacterias. Estas bacterias no tienen fructosa-difosfato-aldosa y por lo tanto degradan los glúcidos por vía llamada de las pentosas fosfato o de las hexosas fosfato. En ella solo la mitad de cada molécula de glucosa se vuelve lactato.



Se aplica principalmente en encurtidos (*Pediococcus cerevisiae* y *Lactobacillus plantarum*), col ácida ensilados y otros productos como café, aceitunas, etc. (Sánchez, 2002).

III Materiales y Métodos

3.1. LUGAR

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Lácteos del Departamento de Producción Animal en colaboración con el Laboratorio de Nutrición y Alimentos, del departamento del mismo nombre de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

3.2. LACTOSUERO

El suero que se empleo para realizar el siguiente trabajo fue suero dulce obtenido en la elaboración de queso fresco tipo panela con un rendimiento de suero del 87% y el resto en queso. En la figura No. 4 se muestra el diagrama básico para la manufactura del queso panela y la obtención del suero.

3.3. SOYA

El frijol de soya que se utilizo para elaborar la leche de soya fue comprado en el mercado local. A continuación en la figura No. 5 se muestra el tratamiento que se le dio al frijol de soya antes de someterlo a la molienda con el lactosuero.

3.4. FERMENTO

Para realizar la fermentación de la leche de soya se empleo yogurt natural como fermento, conteniendo este una población optima de los siguientes microorganismos *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*.

3.5. MATERIALES

Se emplearon reactivos, material de vidrio de uso común y yogurt natural como fermento para realizar la fermentación, así como frijol de soya y lactosuero.

3.6. EQUIPO

- ✱ Balanza analítica Ohaus, Modelo EO 2140
- ✱ Centrifuga Dr. N. Gerber, Modelo HS 44-A
- ✱ Estufa Blue M. Modelo 5W-17-TA
- ✱ Potenciómetro Hanna, Modelo HI 991001
- ✱ Refrigerador American, Modelo RC-270
- ✱ Viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric
- ✱ Material para procesamiento de alimentos

3.7. METODOLOGÍA

3.7.1. Elaboración de queso fresco tipo panela

A continuación se presenta el esquema para la manufactura del queso (tipo panela) y la extracción del lactosuero que se utilizara en este trabajo figura No. 4.

3.7.2. Tratamiento del frijol de soya

En la figura 5 se muestra el tratamiento que se le dió al frijol de soya antes de someterlo a la molienda caliente con el lactosuero para la elaboración de leche de soya.

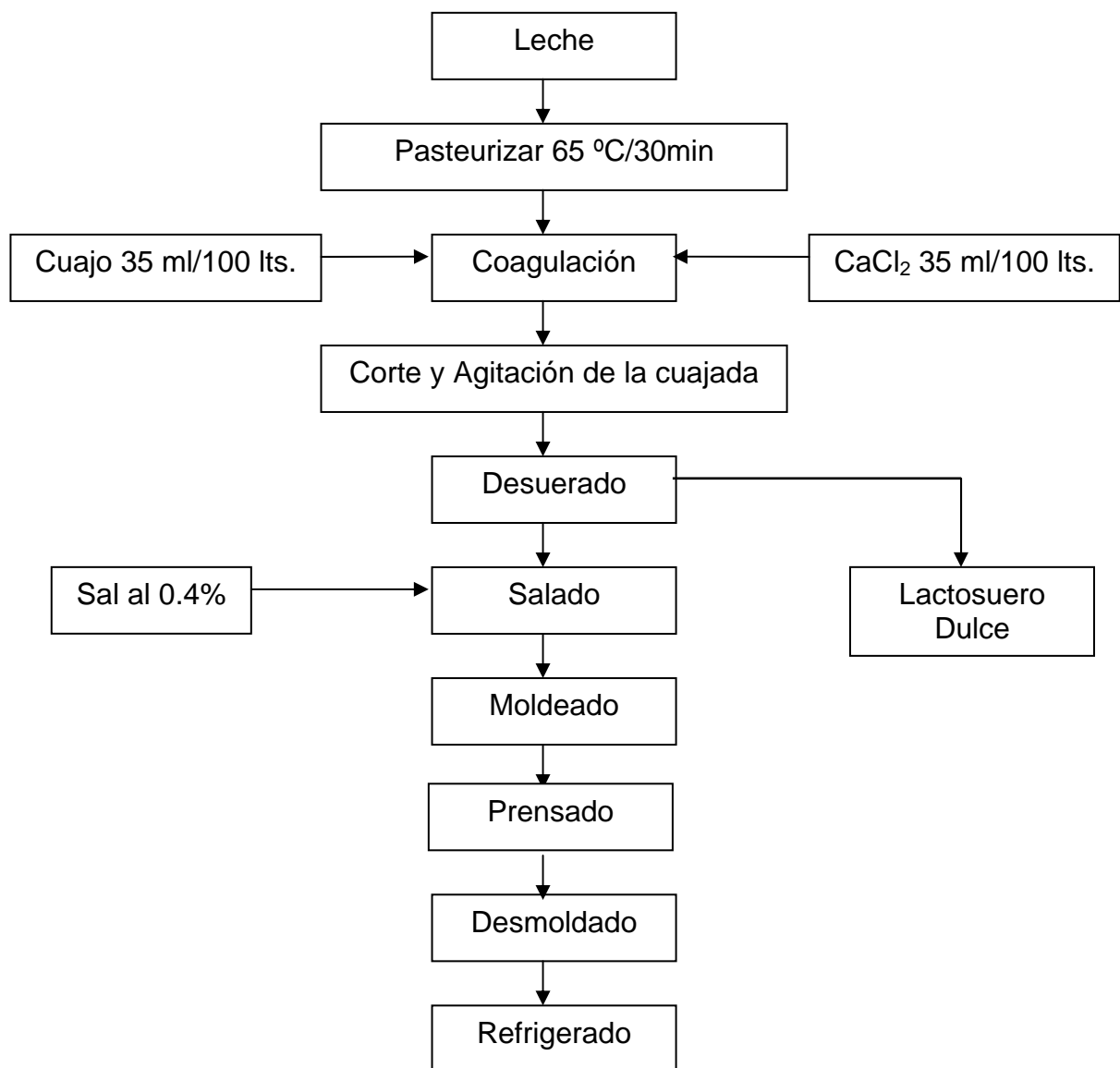


Figura No. 4 Diagrama básico de fabricación del queso tipo panela

3.7.3. Elaboración de la leche de soya

La formulación de leche de soya elaborada con lactosuero fue mezclando 1 kg. de soya remojada en agua caliente a 50°C, figura No. 5 y 4 lts. de lactosuero a una temperatura de 85°C, esta mezcla se molió por 5 minutos para después filtrarla y pasteurizarla, figura No. 6 ya obtenida la leche se determinaron los contenidos de proteína, grasa y ST, la lactosa se presupone que la aporta el suero por lo cual no se determino el contenido de esta en la leche de soya.

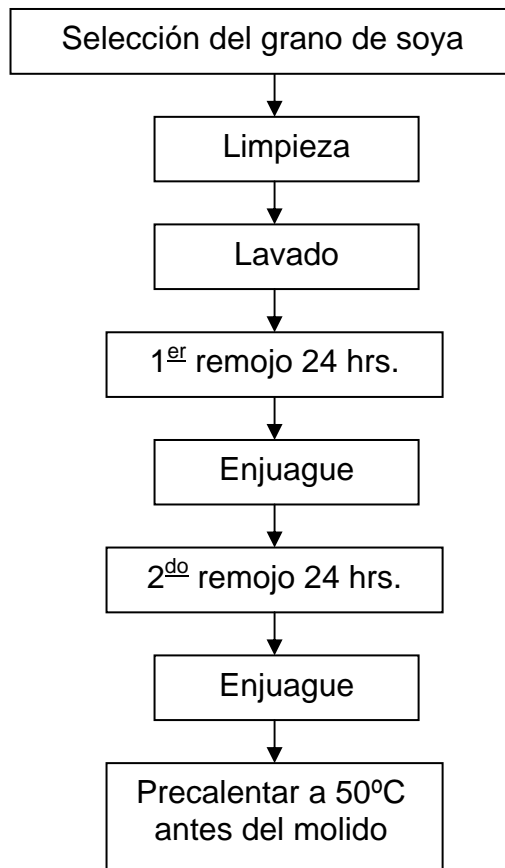


Figura No. 5 Diagrama de tratamiento del frijol de soya

3.7.4. Análisis físico-químico de la leche de soya

Posterior a la elaboración de la leche de soya, se llevó a cabo el análisis físico-químico (proteína, grasa y ST) de la misma para conocer sus características y determinar si la leche de soya es viable en composición, para ser sometida a la fermentación. Para determinar estos parámetros se hizo uso de los métodos de análisis oficiales recomendados por la AOAC (1981) Anexo No. 8.1.

3.7.5. Cinética de fermentación

Para realizar la fermentación, se empleó leche de soya pasteurizada, elaborada como se menciona en la figura No. 3.3., se inoculo con 4% de yogurt natural (comercial) conteniendo este una población óptima y activa de bacterias del género *Lb. bulgaricus* y *St. thermofilus*, además se adiciono 0.3% de grenetina para reducir el fenómeno de sinéresis y ayudar a la estabilidad. Posteriormente se incubó a temperatura de entre 40-45°C/3 hrs., pasando la etapa de incubación se refrigero por 12 horas para después someter el producto a un análisis físico-químico.

3.7.6. Monitoreo de la fermentación

Durante el tiempo de incubación se monitoreaba cada media hora la acidez (producción de ácido láctico) y la disminución del pH, para conocer como se da el comportamiento de las bacterias en este sustrato y poder compararlo con el patrón (yogurt natural).

3.7.7. Análisis físico-químico de la bebida

Para realizar estas pruebas se emplearon los métodos de análisis oficiales recomendados para (proteína, grasa y ST), por la AOAC (1981), Anexo 8.1.

3.7.8. Determinación de la viscosidad

Para determinar la viscosidad del yogurt, se empleó un viscosímetro rotatorio Brookfield Synchro-Lectric con una aguja del No. 3, a 100 rpm., las muestras se encontraban en un intervalo de temperatura de entre 3-5 °C.

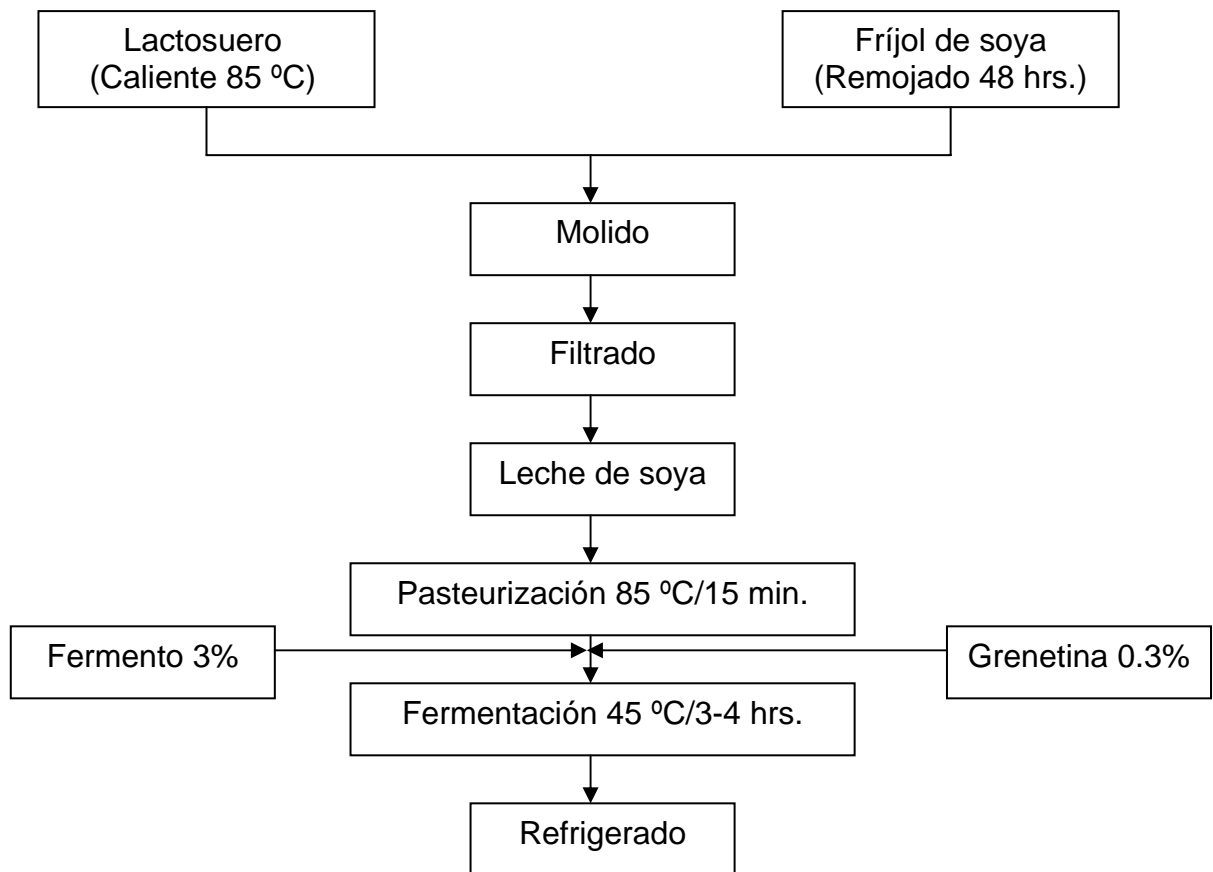


Figura No. 6 Diagrama de fabricación del producto tipo yogurt

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis físico-químico de la leche de soya

Los resultados proximales de este análisis para los principales componentes de la leche de soya, se muestran en el cuadro No. 8. Los resultados que se presentan son las medias de los análisis realizados.

Cuadro No. 8

Composición de la leche de soya obtenida con lactosuero

Componente	% (Obtenidos)	¹ Leche de soya	² Leche de vaca
Proteína	4,194	>3.0	3,5
Grasa	2,34	>1.0	3,5
ST	12,76	>7.0	12,5

¹ Fuente: Anónimo, 3.

² Fuente: Spreer, 1979.

De acuerdo a la literatura citada (Anónimo, 3) se considera que la leche obtenida en el presente trabajo, se ubica según la especificación del cuadro No. 5 ya que presenta los contenidos mínimos de proteína y grasa estipulada en dicho cuadro.

Haciendo la comparación con la con leche de vaca se observa que tiene mayor contenido de proteína, característica de la soya, Wolf, (1977), en cuanto a grasa se determina que tiene menor cantidad que la leche de vaca, pero en comparación con la leche de soya citada, rebasa por poco más de una unidad a lo recomendado.

4.2. Cinéticas de fermentación

En la figura No. 7 se muestra el comportamiento promedio de la cinética de fermentación con las condiciones antes mencionadas en la metodología, graficando los parámetros acidez ($^{\circ}$ Dornic) y pH.

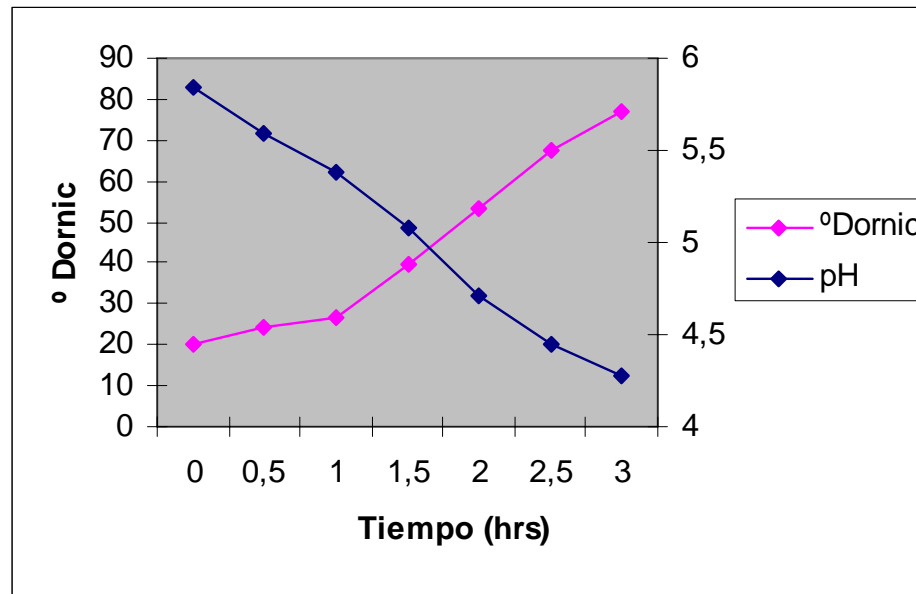


Figura No. 7
Cinética de fermentación promedio

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede considerar que el sustrato (leche de soya) obtenido en este trabajo presenta un comportamiento similar al tratamiento (blanco) reportado en Pérez, (2006), para leche de vaca. La actividad de las bacterias fue favorable alcanzando la acidez recomendada para un tiempo de tres horas, su desarrollo fue similar al tratamiento encontrado en la referencia antes mencionada.

4.3. Análisis físico-químico de la bebida

Los resultados de este análisis se muestran en el cuadro No. 9 estos resultados son las medias del análisis realizado a las repeticiones que se corrieron.

Cuadro No. 9
Composición de la bebida fermentada (tipo yogur)

Componente	% (Obtenidos)	¹ Yogurt subtipo (a) Leche entera
Proteína	4,307	3,2
Grasa	2,41	2,5
ST	13,01	13
Humedad	86,92	87
Acidez (°D)	77	80
pH	4,279	menor de 4,5

¹ Fuente: Anónimo, 1.

Como se muestra en el cuadro No. 9 de los valores obtenidos se puede apreciar que la bebida presenta un contenido mayor considerando a la proteína, esto se aprecia por que la soya como ya se hizo mención en la literatura es rica en este nutrimento, los otros valores se encuentran casi similares a los recomendados por la NMX-F-444-1983.

4.4. Determinación de la viscosidad

Los valores de viscosidad para la bebida fermentada se muestran en el cuadro No. 10 estos valores se determinados en tres repeticiones, tratando que la temperatura de estas no fuera variable, ya que la temperatura es el factor más importante que se debe cuidar para la determinación de la viscosidad.

Cuadro No. 10
Valores de viscosidad del producto

No. Aguja 3			No. Aguja 5
R1	R2	R3	¹ Blanco
352 cP	378 cP	340 cP	428 cP

¹ Fuente: Pérez, 2006.

Como se aprecia en el cuadro anterior, los valores de viscosidad para la bebida fermentada (tipo yogurt) son relativamente bajos, e incluso hasta en el No. de aguja que se utilizo para medir esta característica.

Estos resultados nos lleva a concluir que la bebida presenta una menor viscosidad que la reportada en Pérez, (2006), para el tratamiento (blanco) en leche de vaca. La temperatura no varió a más de 1 grado en dos de las repeticiones, por lo que no influyo mucho en este análisis.

La baja viscosidad del producto pudo deberse a factores como contenido bajo en grasa de la leche de soya, ya que se comprobó que la leche de soya elaborada con lactosuero contiene menos grasa que la leche de vaca, otro factor importante que pudo influenciar en esta característica es la pasteurización ya que en otra investigaciones se hace mucho énfasis en el cuidado de este punto.

V CONCLUSIONES

- a. La leche de soya elaborada con lactosuero, sí presentó los contenidos de proteína, grasa y ST recomendados en la literatura.

- a. La fermentación se desarrolló favorablemente en el presente sustrato, alcanzando los valores de acidez recomendados en la literatura. Esto sucedió en un tiempo de tres horas.

- b. La bebida presentó en su contenido un importante incremento en proteína comparada con yogurt elaborado a partir de leche entera de vaca.

- c. El lactosuero es una importante fuente de nutrientes para la elaboración de diversos productos a base de sus componentes en conjunto o individual. Su aprovechamiento además de proporcionar ganancias económicas ayuda a reducir los problemas de contaminación que provoca.

VI RECOMENDACIONES

Se recomienda someter la bebida a un análisis sensorial para conocer si es del agrado y gusto de los consumidores.

Hacer un análisis sobre la estabilidad microbiológica del yogurt y el tiempo de vida de anaquel.

Probar el proceso de fermentación empleando otro tipo de cultivos, como los liofilizados de uso industrial.

Fomentar el consumo de alimentos elaborados a base de soya en México ya que como en nuestro país así como en muchos otros no se tiene la cultura de consumir esta leguminosa que es muy rica en proteínas.

VII LITERATURA CITADA

Alais, Ch., (1970), Ciencia de la Leche., Cia. Ed. Continental, S. A. de C. V., Mexico., pág. 541-542.

Amiot. J., (1991), Ciencia y Tecnología de la Leche., Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España., pág. 371-376.

Anónimo 1 (en línea) (20 de mayo del 2006)
(NMX-F-444-1983). <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/NOM/NMX-F-444-19833.pdf>

Anónimo 2 (en línea) (25 de mayo del 2006)
<http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/7278.66.59.1.SITUACION%20DE%20PASTA%20DE%20SOYA%20190405.doc>

Anónimo 3 (en línea) (21 de febrero del 2006)
<http://www.ag.uiuc.edu/~asala/espanol/profiles/NOTApr00.htm>

Anónimo 4 (en línea) (25 de mayo del 2006)
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/modelos/boletlech/Leche-Dic05.pdf>

AOAC, (1980), Official Method of Analysis. Dairy products. Association of official analytical Chemists, Washington, D.C. USA.

Badui, D. S., (1999), Química de los alimentos., Longman Editores, S. A. de C. V., Mexico., pág. 617-628.

Casp, A. y Abril, J., (1999), Procesos de conservación de alimentos., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España., pág. 108.

Desrosier N. W., (1974), Conservación de alimentos, 6ta. Impresión, Ed. CECSA, México, D.F., pág. 289.

García, G., Quintero, R. Rodolfo y López, A., (1999), *Biotecnología alimentaria.*, Ed. Limusa, S. A. de C. V., México, D. F., pág. 163-165 y 171.

Hokes, J., Los aislados de proteína de soya en postres congelados y productos de yogurt. En: 4º Seminario sobre usos de la soya en productos lácteos, México, 12 febrero de 1992. pág. 1.

Luquet F. M., (1993), *Leche y Productos Lácteos.*, Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España., pág. 289.

Madrid, V. A., (1994), *Nuevo manual de tecnología quesera.*, Ed. Mundi-Prensa, S. A., Madrid, España., pág. 209.

Messina, J. M., y Messina, V., Propiedades nutritivas de la soya y su papel en la prevención de enfermedades. En: V Simposium de nutrición y alimentos, México, 11 de febrero de 1992. pág. 2-4.

Pérez, H. S. (2006), *Evaluación de los efectos de la incorporación de las proteína del suero en las características del yogurt.* Tesis de licenciatura., UAAAN, Buenavista Saltillo, Coah.

Robinson, R. K., (1987 2ª), *Microbiología industrial: Microbiología de la leche.*, Vol. 1, Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España., pág. 55.

Romo, E., (2001), *Aplicaciones de productos de lactosuero en EUA; posibles aplicaciones en México,* Memorias del VI Seminario de producción Animal: "La Tecnología de los Productos Lácteos hacia el Siglo XXI, UAAAN, pág. 10-19.

Saint, Blanca. Actualidades en Nutrición Humana.

SOYA NOTICIAS: Asociación Americana de Soya. A. C. México, D. F.
(262): 15-17, Enero-Marzo, 2001.

Sánchez, A. H. F. (2002), Desarrollo y evaluación de una bebida refrescante fermentada elaborada a basa de suero dulce de quesería. Tesis de licenciatura., UAAAN, Buenavista Saltillo, Coah.

Santos, M. Armando., Química y bioquímica de los alimentos., Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico., pág. 60, 305, 333-335.

Spreer, Edgar., (1979), Lactología Industrial., Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España., pág. 9-380.

Spreer, Edgar., (1991), Lactología Industrial., Ed. Acribia, S. A., 2^{da}. Zaragoza, España., pág. 7-9, 228-229.

Saumell, Hugo., (1975), Soya Información Técnica para su mejor Conocimiento y Cultivo., Ed. Hemisferio Sur., Buenos Aires., pág. 1.

Tamime, A. Y. y Robinso, R. K. (1991), Yogurt Ciencia y Tecnología., Ed. Acribia, S. A., Zaragoza, España., pág. 317-322.

Wolf, W. J., Proteínas comestibles de la soya y sus usos. En: Seminario sobre suplementación con proteína de soya, Jamaica "Bureau of Standard", Kingston, Jamaica, 29-30 de septiembre de 1977. pág. 1,9-11.

VIII ANEXOS

8.1. Determinación de proteína

1ª Fase digestión

1. Medir 5 ml. de yogur.
2. Pasar a un matraz kjeldhal.
3. Agregar 6 perlas de vidrio.
4. Adicionar una cucharada de mezcla de selenio (catalizador).
5. Agregar 30 ml. de H_2SO_4 concentrado.
6. Conectar al kjeldhal para digerir la muestra hasta color verde cristalino.

2ª Fase destilación

1. Agregar al matraz kjeldhal con muestra digerida 300 ml. de agua destilada.
2. En un matraz erlenmeyer de 500 ml. agregar 50 ml de ácido bórico al 4 % y 5 gotas de indicador mixto.
3. Conectar al kjeldhal.

3ª Fase titulación

Después de que en el matraz erlenmeyer se recuperen 250 ml. del destilado, se titula con H_2SO_4 .

Formula

$$\% N = \frac{(\text{ml gastados de H}_2\text{SO}_4 \text{ muestra} - \text{ml gastados de H}_2\text{SO}_4 \text{ blanco}) (N \text{ H}_2\text{SO}_4) (0.014)}{\text{ml de muestra}} * 100$$

$$\% N \times (6.38) = \% \text{ Proteína}$$

8.2. Determinación de sólidos totales

Material:

- ✳ Muestras de los tratamientos
- ✳ Charolas de aluminio
- ✳ Pipetas
- ✳ Balanza analítica.
- ✳ Estufa.

Procedimiento:

1. Pesar las charolas.
2. Pesar 10 grs. de muestra en las charolas.
3. Meterlas a secar en estufa a temperatura de 95 ° C por 24 horas.
4. Después de las 24 horas pesarlas.

Cálculos:

$$\text{Sólidos totales} = \frac{\text{peso de la muestra seca}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

$$\text{Humedad (\%)} = 100 - \text{sólidos totales.}$$

8.3. Determinación de grasa por método de Gerber

Materiales:

- ✳ Butirómetros para leche
- ✳ Pipetas graduadas
- ✳ Centrifuga
- ✳ Tapones de corcho

Reactivos:

- ✳ Ácido sulfúrico
- ✳ Alcohol isoamílico
- ✳ Muestras de yogur

Procedimiento:

1. En un butirómetro adicionar 10 ml. de ácido sulfúrico
2. Después agregar un ml. de alcohol isoamílico
3. Por último adicionar 11 ml. de muestra y tapar, agitar e invertir el tubo.
4. Asegurarse de que no queden partículas sólidas y centrifugar por 4 minutos.
5. Leer el porcentaje de grasa directamente en la escala del butirómetro.